# Coperchio inferiore

*Coperchio e fermagli.*

*Dettaglio di un fermaglio.*

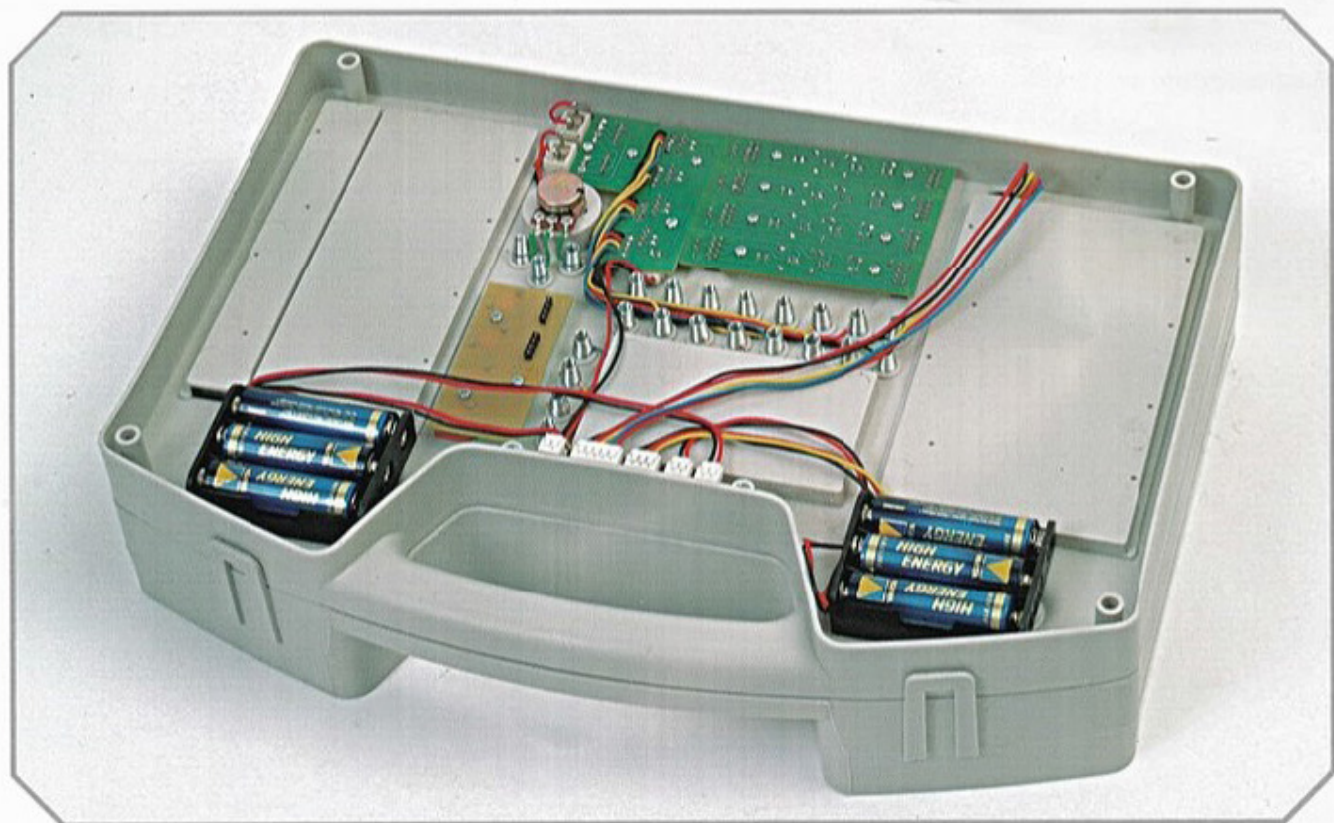
***Con questo fascicolo viene fornito il coperchio del pannello principale del laboratorio e i quattro fermagli che lo fissano.***

## Presentazione

Prima di installare il coperchio è consigliabile dare un'ultima occhiata all'interno del pannello, per verificare che non ci sia ancora qualche lavoro da eseguire.

Il coperchio si fissa con quattro fermagli, come vedremo in modo più dettagliato in seguito. Questi fermagli possono essere estratti per aprire il coperchio, operazione che è necessario eseguire per sostituire le batterie.

## Installazione

Prima di montare il coperchio del pannello principale si deve chiudere il laboratorio

*Interno del pannello frontale.*

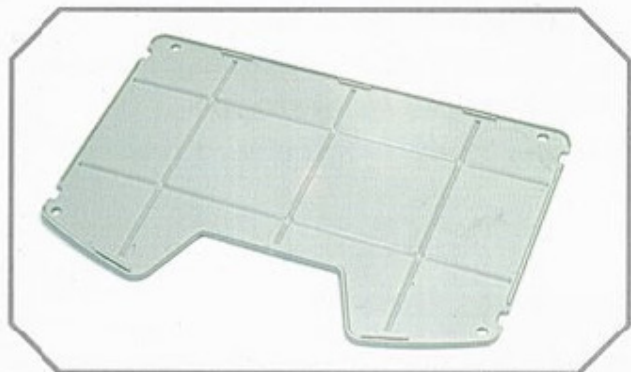



*Foto dell'interno del coperchio.*

*Posizionamento del coperchio.*

e collocarlo su un tavolo, in modo che si possa osservare l'interno del pannello principale.

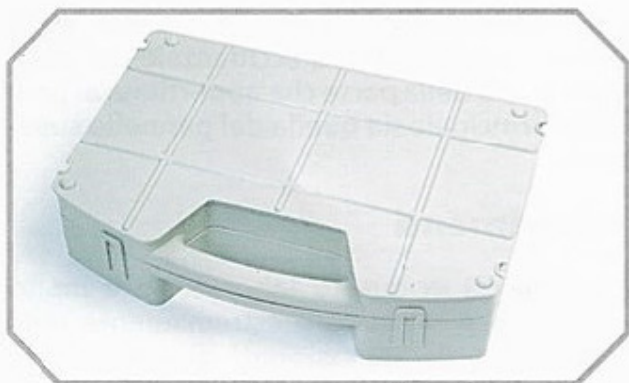
I fermagli devono essere separati dal coperchio, inoltre è necessario tagliare i pezzi di plastica rimanenti.

Il coperchio deve essere posizionato in modo tale che il suo bordo rimanga incastrato nel pannello principale del laboratorio, in questo modo rimarranno allineati i quattro fori del coperchio con le corrispondenti colonne perforate che utilizzeremo per il fissaggio.

Il fissaggio si ottiene grazie ai quattro fermagli di materiale plastico che si inseriscono nei fori del coperchio, affinchè rimangano "agganciati" nelle colonne, dovranno essere fissati con una semplice pressione; non è necessario utilizzare nessun tipo di colla, in quanto dovrà essere possibile rimuoverli nuovamente per sostituire le batterie scariche, o per poter effettuare un qualsiasi intervento di manutenzione o riparazione all'interno del laboratorio.

## Asportazione del coperchio

Per togliere il coperchio dal laboratorio è necessario estrarre prima i quattro fermagli, te-

*Inserimento di uno dei fermagli.*

*Coperchio installato e fissato.*

*Fermaglio installato.*

nendo presente che potrebbero richiedere un certo sforzo.

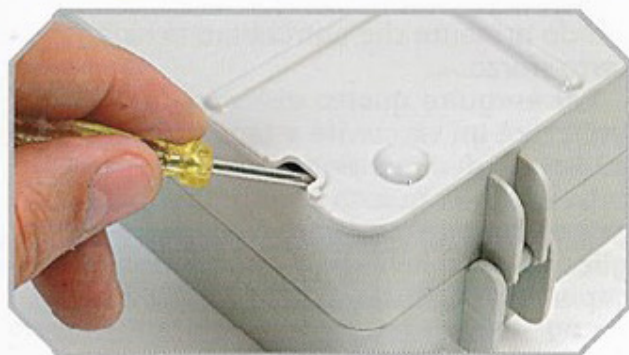
Per eseguire questo distacco è necessario utilizzare un cacciavite a taglio di circa 5 o 6 millimetri di dimensione.

La punta di questo cacciavite si deve inserire nel foro rettangolare più vicino al fermaglio, per fare leva con molta attenzione sul coperchio dall'interno in una zona il più vicino possibile al fermaglio stesso, utilizzando come punto di appoggio il bordo del laboratorio.

Questa operazione si deve ripetere per ognuno dei quattro fermagli, fino a farli fuoriuscire per poterli togliere direttamente con la mano.

## Con il laboratorio chiuso

Con il prossimo fascicolo verrà fornito l'altro coperchio, il quale, una volta installato, vi permetterà di conservare il laboratorio anche in modo verticale in una libreria, come se si trattasse di un libro, con il manico posto verso l'esterno.

*Aspetto del laboratorio con la base chiusa.*

*Metodo per sganciare i fermagli.*

*Estrazione del fermaglio.*

La costruzione stessa del manico evita un'eventuale apertura accidentale del laboratorio, sia della parte che appartiene al pannello principale sia quella del pannello superiore.

## Esperimenti

La capacità di questo laboratorio è molto grande, e può risultare estremamente utile non solo agli appassionati di elettronica, ma anche agli studenti che possono apprezzare la sua utilità sia per eseguire gli esperimenti proposti sia per progettarne dei nuovi.

Il fatto di disporre di una alimentazione variabile e di una scheda Bread Board universale, oltre al generatore di frequenza e un circuito ausiliario audio, semplifica molto il lavoro.

Il microcontroller utilizzato inoltre è piuttosto potente ed è stato spiegato in modo abbastanza dettagliato, per questo gli esperimenti e i programmi che è possibile eseguire con lo stesso sono numerosi e possono essere più complessi di quelli da noi proposti.

*Vista generale del laboratorio.*

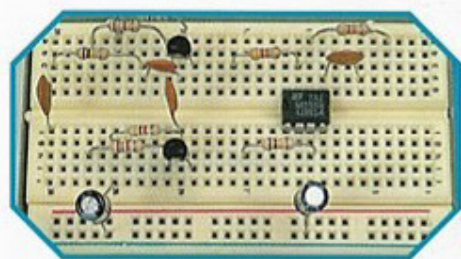
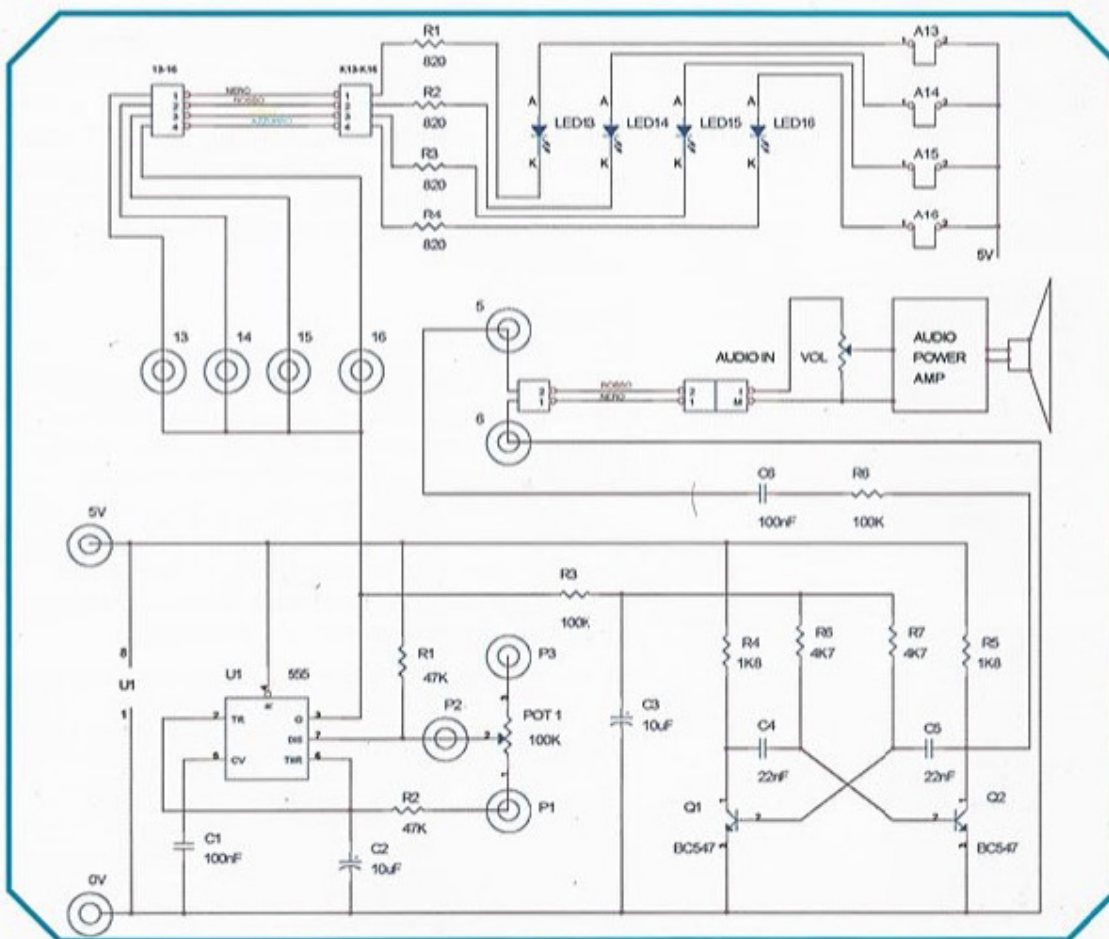
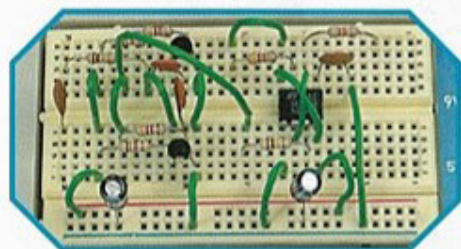
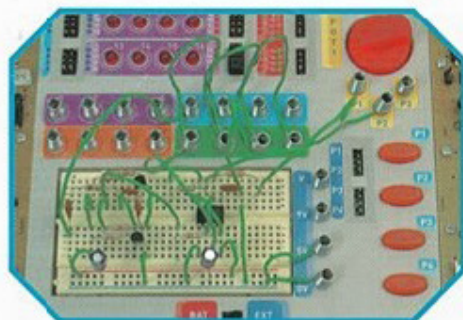
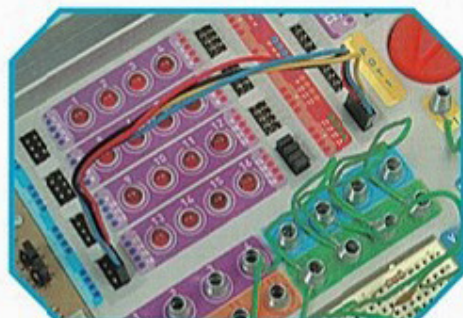
# Generatore audio modulato

***Questo circuito corrisponde a un VCO (Oscillatore Controllato in Voltaggio), la cui tensione di controllo è generata da un altro oscillatore.***

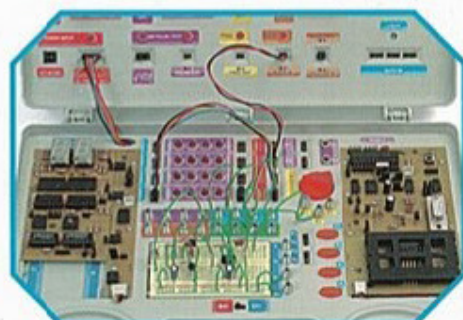
## Il circuito

Osservando il circuito possiamo vedere un VCO formato principalmente dai transistor Q1 e Q2 e dai rispettivi componenti passivi associati. L'ingresso di controllo della frequenza di questo oscillatore è il punto di collegamento delle resistenze R6 e R7.

Nello schema possiamo anche vedere un circuito integrato 555 configurato per lavorare come oscillatore astabile, ma a una frequenza molto bassa. La sua uscita si può utilizzare per controllare il VCO e si collega a esso tramite una rete RC. Per fare in modo che la variazione di tensione non sia brusca, la rete RC è formata dalla resistenza R3 e dal condensatore C3.

*Distribuzione dei componenti.*

*Collegamenti della scheda.*

*Schema dell'oscillatore audio modulato.*

*Dettaglio del collegamento alle molle.*

*Dettaglio del collegamento ai LED.*

*Collegamenti all'amplificatore audio.*

*Ruotando POT 1 cambia la modulazione.*

*Esperimento completato.*

La tensione di uscita terminale 3 del 555, si utilizza per illuminare la quarta fila di LED, cosa che avviene solamente quando questo livello di uscita è basso. L'uscita del VCO è portata verso l'amplificatore audio inserendo un circuito seriale formato dalla resistenza R6 e dal condensatore C6, in modo che ascoltando i suoni sull'altoparlante si possa verificare l'effetto delle variazioni di livello sull'uscita del 555.

## Montaggio

In questo montaggio è necessario inserire diversi componenti sulla scheda Bread Board, quindi dovremo essere ordinati ed eseguire il lavoro lentamente per evitare errori.

I collegamenti dei catodi dei LED dal 13 al 16, si eseguono con un cavetto terminato su due connettori a quattro vie cadauno, che arriva al connettore corrispondente alle molle dalla 13 alla 16, inoltre dovremo inserire i quattro ponticelli sugli anodi di questi LED.

I collegamenti dell'uscita del VCO all'amplificatore audio si eseguono con un cavetto terminato su due connettori a due vie. Uno di questi connettori si collega a quello corrispondente alle molle 5 e 6 e l'altro capo al connettore AUDIO IN, in modo che il filo rosso corrisponda al punto rosso e quello nero al punto nero. Ricordate che l'uscita dell'amplificatore per essere collegata deve avere i due ponticelli inseriti in senso orizzontale, fra AUDIO OUT e SPEAKER IN.

## Prova

Dopo aver verificato il montaggio possiamo dare alimentazione al circuito, includendo in questa operazione il commutatore AUDIO ON, in modo che funzioni l'amplificatore.

Dopo aver messo in marcia il circuito si udirà un suono sull'altoparlante, la cui frequenza si potrà modulare azionando il comando di POT 1. Ogni volta che cambia il suono i LED dal 13 al 16 si spengono o si accendono.

**LISTA DEI COMPONENTI**

| | |
|---|---|
| U1 | Circuito integrato 555 |
| Q1, Q2 | Transistor BC547 o BC548 |
| R1, R2 | Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio) |
| R3, R6 | Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo) |
| R4, R5 | Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso) |
| R6, R7 | Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso) |
| C1, C6 | Condensatore 22 nF |
| C2, C3 | Condensatore 10 µF elettrolitico |
| C4, C5 | Condensatore 22 nF |

# Repertorio delle istruzioni nel PicBasic Plus Lite

***Vediamo ora le istruzioni e le direttive che formano il repertorio dell'ambiente di programmazione PicBasic Plus Lite. I programmi che realizzeremo con il PicBasic Plus Lite richiederanno la capacità di utilizzo delle espressioni e la conoscenza di queste istruzioni e del loro impiego.***

## Rappresentazioni numeriche

Il PBPL (PicBasic Plus Lite) riconosce quattro modi di riferimento per i diversi sistemi di rappresentazione:

- Binario: si utilizza il prefisso '%'. Esempio: %01001110.
- Esadecimale: si utilizza il prefisso '$'. Esempio: $1ª.
- Decimale: non si utilizza prefisso.
- Carattere: si definisce utilizzando le virgolette. Esempio: "a".

Per i comandi che accettano una catena di caratteri, questi vengono definiti utilizzando le virgolette, ad esempio: PRINT "Ciao".

Il compilatore discriminerà solamente le maiuscole e le minuscole all'interno della catena di caratteri.

## Operatore matematico

Il PicBasic Plus Lite accetta tutti i tipi di operatori aritmetici e inoltre stabilisce un ordine gerarchico al momento di assegnare le priorità fra le operazioni. Come per molti altri ambienti le prime ad essere eseguite sono le espressioni che si trovano all'interno delle parentesi, le operazioni di moltiplicazione e divisione hanno la precedenza su quelle di somma e sottrazione, ecc.

Nella tabella qui sotto potete vedere gli operatori matematici utilizzati nel PBPL e il loro significato.

Quando si esegue una moltiplicazione, se i due operandi sono da 16 bit il risultato può raggiungere i 32 bit. Quando utilizziamo '*' otteniamo come risultato solamente i 16 bit meno significativi della moltiplicazione, perdendo i bit più significativi nel caso fossero presenti.

Se utilizziamo '**' il risultato dell'operazione sarà composto dai 16 bit più significativi e se utilizziamo '*/' il risultato dell'operazione saranno i 16 bit situati al centro, quindi non utilizzeremo il byte più significativo né quello meno significativo.

## Istruzioni e direttive

Il repertorio delle istruzioni dell'ambiente PBPL è composto da 74 istruzioni. Durante l'apprendimento della programmazione in Assembler abbiamo studiato le 35 istruzioni con le quali abbiamo lavorato e che erano di basso livello, questo significa che con esse possiamo eseguire solamente un'azione alla volta.

Nel linguaggio di alto livello oltre a poter contare su un maggior numero di istruzioni, esse sono più complesse, cosa che a volte permette di eseguire più azioni con una sola istruzione.

Prendiamo come esempio l'istruzione DELAYMS. Questa istruzione genera un ritardo o temporizzazione di tanti millisecondi quanti ne vengono dichiarati all'utilizzo dell'istruzione stessa. Per fare una temporizzazione in As-

```
PORTA = % 01101010        ; Scrive un valore sulla porta A
TRISB = % 00000000        ; Configura la porta B come uscita
TRISC = % FF              ; Configura la porta C come ingresso
Contatore = 10            ; Inizializziamo la variabile
Testo = "a"               ; Assegniamo un valore alla variabile
```

*Esempio di rappresentazioni numeriche.*

## REPERTORIO DELLE ISTRUZIONI

| | |
|---|---|
| ADIM | Legge il valore del convertitore A/D |
| ASM-ENDASM | Inserisce una sezione di codice in assembler |
| BRANCH | Salto |
| BRANCH | Salto lungo |
| BUSIN | Legge i byte del dispositivo I2C |
| BUSOUT | Scrive i byte sul dispositivo I2C |
| CALL | Chiamata a una subroutine di un linguaggio assembler |
| CDATA | Definisce il contenuto iniziale della memoria |
| CLS | Cancella il display LCD |
| CONFIG | Configurazione |
| COUNTER | Conta il numero di impulsi su un pin |
| CREAD | Legge una parola della memoria di codice |
| CURSUR | Posiziona il cursore sul display LCD |
| CWRITE | Scrive una parola nella memoria di codice |
| DATA | Definisce il contenuto iniziale della memoria |
| DECLARE | Regola i parametri delle subroutine o librerie |
| DELAYMS | Ritardo (1 ms di risoluzione) |
| DELAYUS | Ritardo (2 µs di risoluzione) |
| DEVICE | Sceglie il tipo di PIC che utilizzerà il compilatore |
| DIG | Restituisce il valore di un digit decimale |
| DIM | Crea una variabile |
| EDATA | Definisce i contenuti iniziali della memoria EEPROM |
| END | Ferma l'esecuzione |
| EREAD | Legge un byte o una word nella memoria EEPROM |
| EWRITE | Scrive un byte nella memoria EEPROM |
| FOR... TO... NEXT... STEP | Esegue ripetutamente le istruzioni |
| GOSUB... RETURN | Chiamata a una subroutine in Basic con l'etichetta specificata |
| GOTO | Continua l'esecuzione all'etichetta specificata |
| HIGH (ó SET) | Passa a livello alto un pin, porta o registro |
| IF... THEN... ELSE... ENDIF | Esegue istruzioni in funzione della condizione |
| INCLUDE | Include un file in Basic nel codice |
| INKEY | Cerca un tasto |
| INPUT | Definisce un pin come ingresso |
| [LET] | Assegna il risultato di una espressione a una variabile |
| LCDREAD | Legge un byte del display LCD |
| LCDWRITE | Scrive un byte del display LCD |
| LOOKDOWN | Cerca un valore in una tabella di costante |

## REPERTORIO DELLE ISTRUZIONI

| | |
|---|---|
| LOOKDOWNL | Cerca un valore in una tabella di costanti o variabili |
| LOOKUP | Cerca una costante in una tabella |
| LOOKUPL | Cerca una costante o una variabile di una tabella |
| LOW (o CLEAR) | Imposta a livello basso un pin, porta o registro |
| ON... INTERRUPT | Esegue una subroutine quando avviene un interrupt hardware |
| OUTPUT | Definisce un pin come uscita |
| ORG | Definisce l'origine del programma |
| PEEK | Legge un byte di un registro |
| PIXEL | Legge un singolo pixel del display LCD |
| PLOT | Definisce un singolo pixel del display LCD |
| POKE | Scrive un byte su un registro |
| POT | Legge un valore analogico variabile sul pin specificato |
| PRINT | Visualizza un carattere sul display LCD |
| PULSIN | Misura l'ampiezza di banda dell'impulso ricevuto su un pin |
| PULSOUT | Genera un impulso su un pin |
| PWM | Uscita di un impulso modulato tramite un pin |
| RANDOM | Genera un numero casuale |
| RCIN | Misura l'ampiezza di un impulso di un pin |
| READ | Legge un byte o una parola della memoria |
| REM | Aggiunge un commento al codice |
| REPEAT... UNTIL | Ripete le istruzioni fino a quando la condizione è compiuta |
| RESTORE | Sposta il puntatore nella posizione specificata per leggere |
| RETURN | Continua l'esecuzione dall'istruzione successiva alla chiamata alla subroutine |
| RSIN | Ingresso seriale asincrono tramite un pin fisso |
| RSOUT | Uscita seriale asincrona tramite un pin fisso |
| SERVO | Controllo di un servomotore |
| SET... OSCCAL | Calibra l'oscillatore |
| SHIN | Ingresso seriale sincrono |
| SHOUT | Uscita seriale sincrona |
| SNOOZE | Spegne il processore per un breve periodo |
| SLEEP | Spegne il processore per un periodo |
| SOUND | Genera un tono sul pin specificato |
| STOP | Ferma l'esecuzione del programma |
| SWAP | Interscambia i valori di due variabili |
| SYMBOL | Crea un alias o un equivalente di una costante, pin, porta o registro |
| UNPLOT | Cancella un singolo pixel sul display LCD |
| WHILE... WEND | Esegue le istruzioni quando la condizione è verificata |

| ISTRUZIONI SPECIALI | | |
|---|---|---|
| BK label | Salta | GOTO label |
| BC label | Salta se c'è CARRY | BTFSC 3,0<br>GOTO label |
| BDC label | Salta se DIGIT CARRY=1 | BTFSC 3,1<br>GOTO label |
| BNC label | Salta se non c'è CARRY | BTFSS 3,0<br>GOTO label |
| BNDC label | Salta se DIGIT CARRY=0 | BTFSS 3,1<br>GOTO label |
| BZ label | Salta se è 0 | BTFSC 3,2<br>GOTO label |
| BNZ label | Salta se è diverso da 0 | BTFSS 3,2<br>GOTO label |
| CLRC | Azzera CARRY | BCF 3,0 |
| CLRDC | Azzera DIGIT CARRY | BCF 3,1 |
| CLRZ | Resetta ZERO | BCF 3,2 |
| MOVFW file | Sposta file su WREG | MOVF file,W |
| SETC | Imposta a 1 il CARRY | BSF 3,0 |
| SETDC | Imposta a 1 il DIGIT CARRY | BSF 3,1 |
| SETZ | Imposta a 1 il flag ZERO | BSF 3,2 |
| SKPC | Salta alla successiva se CARRY=1 | BTFSS 3,0 |
| SKPNC | Salta alla successiva se CARRY=0 | BTFSC 3,0 |
| SKPDC | Salta alla successiva se DIGIT CARRY=1 | BTFSS 3,1 |
| SKPNDC | Salta alla successiva se DIGIT CARRY=0 | BTFSC 3,1 |
| SKPZ | Salta alla successiva se ZERO=1 | BTFSS 3,2 |
| SKPNZ | Salta alla successiva se ZERO=0 | BTFSC 3,2 |

sembler, invece, dobbiamo utilizzare una subroutine con diverse istruzioni e gestire molto bene i dispositivi del PIC come ad esempio i temporizzatori. Con il semplice inserimento di una linea di programma che riporti: DELAYMS 100, otterremo un ritardo di 100 ms.

Nella tabella delle pagine precedenti è riportato un listato delle 74 istruzioni che gestiremo con il PBPL e la loro descrizione. Se si vuole vedere la descrizione in modo più dettagliato e degli esempi di utilizzo, è necessario ricorrere al manuale che si trova nell'opzione Syntax all'interno del menù di aiuto Help del programma stesso. Questo manuale è in inglese.

## Altre istruzioni

Esistono mnemonici per istruzioni speciali che non sono incluse all'interno della lista delle 74 istruzioni. Queste istruzioni speciali sono subistruzioni di altre più generali, come ad esempio BRANCH, SET o SKIP, che dato il loro elevato utilizzo per le funzioni descritte nella tabella allegata, sono state implementate nel compilatore. Anche il lavoro con la memoria avviene in modo speciale e molto più semplice rispetto all'Assembler, infatti grazie ai nuovi mnemonici non dovremo più fare differenza fra i banchi di memoria dove si trovano i registri.

## Conclusioni

Abbiamo presentato l'ambiente di programmazione PicBasic Plus Lite, perché la tendenza attuale per quanto riguarda la programmazione dei microcontroller tende alla programmazione di linguaggi con alto livello, principalmente il Basic, benché sia seguito da vicino dal C. I linguaggi di programmazione di alto livello presentano molti vantaggi rispetto all'Assembler, anche se questo rimane il linguaggio per eccellenza nel mondo dei microcontroller.

Se si vuole diventare dei veri esperti nel mondo dei microcontroller è necessario far pratica con questo ambiente e saperlo dominare, sarà indispensabile anche lavorare con il linguaggio C. Su Internet potrete trovare diversi compilatori in C e in Basic per l'Assembler, la maggior parte di essi reperibili nelle versioni demo.

# Esercizio: "Il vostro turno" con il display LCD, il programma

***In quest'ultimo esercizio adatteremo il programma "Il Vostro Turno" che abbiamo realizzato per il display a sette segmenti, per visualizzarlo sul modulo LCD. Un programmatore non sviluppa solamente nuove applicazioni ma deve saper adattare anche applicazioni già sviluppate a nuove specifiche o a nuovi miglioramenti tecnologici.***

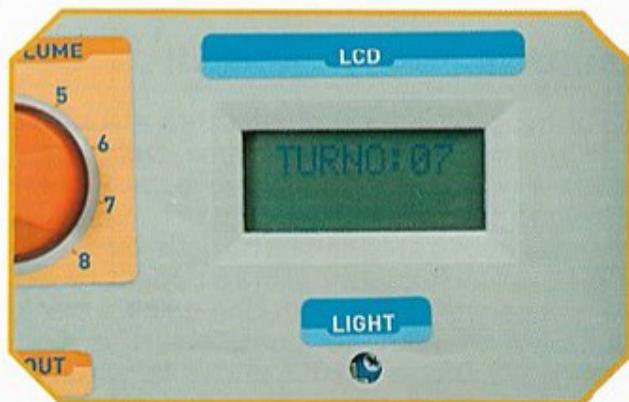
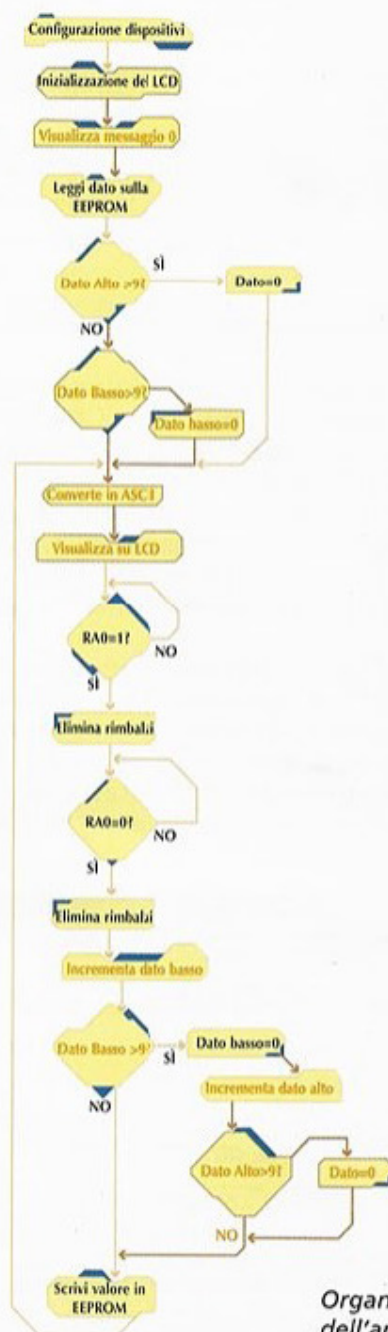
## Enunciato

Si tratta di emulare il funzionamento delle macchine tipo "IL VOSTRO TURNO" comuni in molti negozi. Sul display LCD verrà visualizzato il numero del turno attuale che sarà formato da due digit. Questo verrà incrementato a ogni impulso applicato all'ingresso RA4. Nella memoria EEPROM del PIC16F870 viene scritto l'ultimo numero visualizzato, in modo che in caso di mancanza di tensione, ad esempio, si riprenda il conteggio da quest'ultimo numero.

Supponiamo di partire da un sistema che viene utilizzato per la prima volta, quindi si visualizza lo 00.

Come potete vedere l'esercizio che stiamo pianificando non è altro che la macchina "Il Vostro Turno", ma in versione migliorata. Si tratta di un esercizio molto completo dato che lavoreremo con la memoria EEPROM dei dati e il display LCD.

## Organigramma

Per risolvere questa applicazione possiamo fare due ipotesi di lavoro, in una di esse svilupperemo il programma dall'inizio, partendo da

*Macchina "Il vostro turno".*

*Organigramma dell'applicazione.*

turno - Blocco note

File Modifica Formato Visualizza ?

```
;       ESERCIZIO: Il vostro turno su LCD
;       ----------------------------------
;
;La memoria EEPROM dei dati e il display LCD. La macchina "IL VOSTRO TURNO", versione migliorata.
;
;Si tratta di emulare il funzionamento delle macchine tipo "IL VOSTRO TURNO" comuni in molti
;negozi. Sul display LCD si visualizzerà il numero del turno attuale (2 cifre). Questo numero si
;incrementa ad ogni impulso su RA4. Nella memoria EEPROM del PIC16F870 si scrive l'ultimo
;numero visualizzato, in questo modo, in caso di mancanza di tensione (ad esempio), si ricomincia
;il conteggio dall'ultimo numero.
;
;Si parte dal sistema che inizia per la prima volta, si visualizza 00


                List      p=16F870          ;Tipo di processore
                include   "P16F870.INC"     ;Definizioni dei registri interni

Lcd_var         equ       0x20              ;Variabili (2) della routine di gestione del LCD
Contatore_L     equ       0x21              ;Variabile per il contatore parte bassa
Contatore_H     equ       0x22              ;Variabile per il contatore parte alta
Temporale_1     equ       0x23              ;Variabile Temporale
Temporale_2     equ       0x24              ;Variabile Temporale

                org       0x00              ;Vector di Reset
                goto      Inizio
                org       0x05              ;Salva vector di interrupt

                include   "LCD_Cxx.inc"     ;Include la routine di gestione del LCD

;*****************************************************************************************
```

*Intestazione del programma.*

zero e nell'altra utilizzeremo il programma che abbiamo creato per i display a 7 segmenti. In alcuni casi, adattare il programma è più complicato che rifarlo da zero, ma in questo caso dobbiamo unicamente inserire il display LCD, quindi scegliamo l'opzione di utilizzare il programma "turno.asm" (l'esercizio è: La memoria EEPROM dei dati. La macchina "IL VOSTRO TURNO").

Partendo dall'organigramma che abbiamo creato per questo programma, lo dobbiamo adattare alle nuove specifiche. Ora il contatore sarà formato da due variabili, una per ogni cifra, quindi per contare bene dovremo verificare che entrambe arrivino a nove per iniziare a contare partendo da zero. Dobbiamo anche inserire la programmazione per il display LCD, cosa che implica variazioni generali nel programma. Le differenze fra questo organigramma e quello dell'applicazione per i display a 7 segmenti sono evidenziate in rosso.

*Routine di gestione della EEPROM.*

## Codice

Utilizzeremo il codice del programma "turno.asm" (l'esercizio è: La memoria EEPROM dei dati. La macchina "IL VOSTRO TURNO") lo adatteremo per visualizzare l'uscita sul modulo LCD. Come per l'organigramma l'adattamento del codice richiederà alcune modifiche, ma partendo dalla radice del programma queste saranno piuttosto semplici.

## Impostazioni e variabili

La prima differenza o modifica da eseguire è nell'intestazione del programma. Dato che si tratta di un programma con nuove specifiche le dovremo dettagliare mediante dei commenti. Inoltre il nuovo programma ha delle variabili in più. La variabile contatore ora è doppia, ne serve una per contenere le decine e l'altra per le unità, quindi creeremo "Contatore_H" e "Contatore_L". Dichiareremo anche la variabile "Lcd_var", che sarà formata da due variabili all'interno della libreria di gestione dell'LCD, e

turno - Blocco note

File Modifica Formato Visualizza ?

```
;*****************************************************************************************
;In base al valore contenuto nel registro W, si ottiene il carattere ASCII da visua-
;lizzare sul display LCD

Tabella_Messaggi:       movwf   PCL         ;Spostamento sulla tabella

;*****************************************************************************************
;La direttiva dt genera tante istruzioni retlw quanti byte o caratteri contiene
;chiusi fra "

Mess_0          equu    $               ;Mess_0 punta al primo carattere
                dt      "TURNO:",0x00

;*****************************************************************************************
;Delay_20_ms: Questa routine di temporizzazione ha come obiettivo l'eliminazione
;dell'effetto rimbalzo dei dispositivi elettromeccanici. Realizza un ritardo di 20 ms.
;Se il PIC lavora ad una frequenza di 4 MHz, il TMR0 evolve ogni µs. Se vogliamo tempo-
;rizzare 20000 µs (20 ms) con un prescaler da 128, il TMR0 dovrà contare 156 eventi
;(156 * 128). Il valore 156 equivale a 9c hex. e dato che il TMR0 è ascendente lo
;dovremo caricare con il suo complemento a 1 (63 hex.).

Delay_20_ms:    bcf     INTCON,TOIF     ;Azzera il flag di overflow
                movlw   0x63            ;Complemento hex. di 156
                movwf   TMR0            ;Carica il TMR0
Delay_20_ms_1   clrwdt                  ;Aggiorna 'l WDT
                btfss   INTCON,TOIF     ;Overflow del TMR0?
                goto    Delay_20_ms_1   ;Non ancora
                bcf     INTCON,TOIF     ;Ora si, azzera il flag
                return

;*****************************************************************************************
```

Altre routine associate al programma.

due variabili temporali "Temporale_1" e "Temporale_2" che utilizzeremo per la rappresentazione dei dati sul modulo LCD.

## Routine associate al programma

Dopo l'intestazione del programma, includiamo le routine con le quali vogliamo lavorare. Avremo bisogno di quelle di scrittura e lettura della memoria EEPROM, che non variano in nulla rispetto a quelle utilizzate in altri programmi. Avremo altresì bisogno di una routine di temporizzazione fissa per eliminare i "rimbalzi" che possono essere generati da un azionamento meccanico. Come per le routine di gestione della memoria EEPROM, anche questa routine è la stessa già utilizzata in altre occasioni.

Come si può vedere dalle figure, oltre alle routine per eliminare i rimbalzi, sono state dichiarate due nuove routine. La prima è molto simile alla tabella del programma originale in cui ricerchiamo la corrispondenza del dato al codice a 7 segmenti, ma in questo caso cerchiamo la corrispondenza al codice ASCII.

La routine successiva è una tabella che contiene i caratteri fissi del messaggio da visualizzare. Negli esercizi precedenti i caratteri che formavano un messaggio erano separati e inviati alla visualizzazione uno a uno. In questa routine utilizziamo la direttiva "dt" che genera tanti return quanti caratteri si trovano tra le virgolette (""). In altre parole, questa routine è uguale a quella che contiene tutti i caratteri nella tabella, ma semplificata mediante un'unica direttiva.

Infine avremo bisogno di una nuova routine che non è nient'altro che quella di visualizzazione sul display LCD. Questa routine è stata utilizzata nei programmi precedenti (ad esempio "addio.asm"). Tramite questa routi-

```
;*****************************************************************************************
;Messaggio: Questa routine visualizza sul LCD il messaggio il cui inizio è indicato
;nell'accumulatore. La fine di un messaggio si determina mediante il codice 0x00

Messaggio       movwf   Temporale_1         ;Salva indirizzo della tabella
Messaggio_1     movf    Temporale_1,W       ;Recupera indirizzo della tabella
                call    Tabella_Messaggi    ;Cerca carattere di uscita
                movwf   Temporale_2         ;Scrivi il carattere
                movf    Temporale_2,F
                btfss   STATUS,Z            ;Controlla se è l'ultimo
                goto    Non_è_ultimo
                return
Non_è_ultimo    call    LCD_DATO            ;Visualizza sul display LCD
                incf    Temporale_1,F       ;Carattere successivo
                goto    Messaggio_1
```

Routine di visualizzazione sull'LCD.

```
Inizio          clrf    PORTB           ;Cancella i latch di uscita
                bsf     STATUS,RP0      ;Seleziona banco 1
                clrf    TRISB           ;Porta B si configura come uscita
                movlw   b'00011000'
                movwf   TRISA           ;RA0-RA2 uscite, RA3-RA4 ingressi
                movlw   b'00000110'
                movwf   ADCON1          ;Configuriamo la porta A come I/O digitali
                movlw   b'00000110'
                movwf   OPTION_REG      ;Prescaler di 128 per il TMR0
                bcf     STATUS,RP0      ;Seleziona banco 0

                call    LCD_INI         ;Sequenza di inizio del LCD
                movlw   b'00001100'
                call    LCD_REG         ;Invia istruzione: LCD ON, Cursore OFF e blink OFF
```

Configurazione dei dispositivi.

turno - Blocco note

```
                bsf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 2
                clrf    EEADR           ;Seleziona indirizzo 00 della EEPROM
                call    EE_Read         ;Leggi byte della EEPROM
                bsf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 2
                movlw   0x09
                subwf   EEDATA,W
                bcf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 0
                btfsc   STATUS,C        ;Contatore_H maggiore di 9?
                goto    Ini_0           ;Si, imposta a 0 il contatore
                goto    Ini_1           ;No
Ini_0           clrf    Contatore_L
                clrf    Contatore_H     ;Imposta a 0 il contatore
                goto    Loop
```

vsturno - Blocco note

```
                bsf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 2

                clrf    EEADR           ;Seleziona indirizzo 00 della EEPROM
                call    EE_Read         ;Leggi byte della EEPROM
                bsf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 2
                movlw   0x09
                subwf   EEDATA,W
                bcf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 0
                btfsc   STATUS,C        ;Maggiore di 9?
                goto    Ini_0           ;Si, Imposta a 0 il contatore
                goto    Ini_1           ;No
Ini_0           clrf    Contatore       ;Imposta a 0 il contatore
                goto    Loop
```

*Differenze tra i due programmi nel primo blocco.*

turno - Blocco note

```
Ini_1           bsf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 2
                movf    EEDATA,W
                bcf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 0
                movwf   Contatore_H     ;Aggiorna Contatore_H
                bsf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 2
                incf    EEADR,F         ;Indirizzo successivo della EEPROM
                call    EE_Read         ;Legge il byte della EEPROM
                bsf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 2
                movlw   0x09
                subwf   EEDATA,W
                bcf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 0
                btfsc   STATUS,C        ;Contatore_L maggiore di 9?
                goto    Ini_0           ;Si, imposta a 0 il contatore
                bsf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 2
                movf    EEDATA,W
                bcf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 0
                movwf   Contatore_L     ;Aggiorna Contatore_L
```

vsturno - Blocco note

```
Ini_1           bsf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 2
                movf    EEDATA,W
                bcf     STATUS,RP1      ;Seleziona banco 0
                movwf   Contatore       ;Inizializza il contatore
```

*Secondo blocco: etichetta "Ini_1":*

ne rappresentiamo sull'LCD il messaggio il cui inizio è determinato dal registro di lavoro o accumulatore. Nella figura potete vedere la routine in questione.

## Programma principale

Iniziamo il programma principale configurando i dispositivi con cui lavoreremo. La porta A deve essere configurata in parte come ingresso e in parte come uscita, dato che ora abbiamo bisogno dei segnali di E, RS e R/W per l'LCD, e continua a essere necessario un ingresso RA4. Carichiamo quindi '00011000' sul registro TRISA e '00000110' sul registro ADCON1. Configuriamo la porta B come porta di uscita dei dati e il registro OPTION_REG con il predivisore per il Timer 0. Fatto questo, inizializzeremo il display LCD chiamando la routine "LCD_INI" e lo configureremo mandando il valore '00001100' alla routine LCD_REG.

Se manteniamo l'ordine definito nell'organigramma, il passo successivo consiste nel visualizzare il messaggio con il testo fisso "Turno:". A questo scopo caricheremo il messaggio 0 (Mess_0) sull'accumulatore e richiameremo la subroutine di visualizzazione sul display LCD.

A partire da questo punto possiamo utilizzare il codice sviluppato per l'applicazione con il display a 7 segmenti. Osservando la figura vediamo che l'unica cosa cambiata in questo blocco di istruzioni è che invece di resettare un'unica variabile "Contatore" nel nuovo codice dobbiamo resettarne due, Contatore_H (decine) e Contatore_L (unità).

Il secondo blocco di programma, invece, si differenzia abbastanza dal programma che utilizziamo come base, infatti dobbiamo includere la verifica che il dato successivo contenuto nella memoria, ovvero quello delle unità, non sia maggiore di nove. Se lo è impostiamo a zero il contatore, in caso contrario aggiorniamo la variabile con il valore contenuto nella memoria.

Abbiamo quindi letto il valore contenuto nella memoria e lo abbiamo aggiornato nella nostra variabile, il passo successivo consisterà nel visualizzarlo.

Continuate a risolvere l'applicazione e poi verificate che la soluzione che avete adottato coincida con quella presentata.